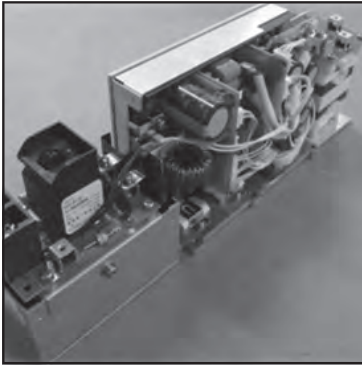


# 特設記事



低ロス/低ノイズ/小型…3拍子揃った  
LLC共振回路の基本動作から電力効率の改善方法まで

## 高効率絶縁型 DC-DCコンバータの しくみと設計の勘所

加藤 久嗣 Hisatsugu Kato

絶縁型スイッチング電源は、定番の回路がいくつかあります。数十W未満の小出力であれば、部品点数が少ないフライバック・コンバータがよく使われています。高効率化のために、LC共振を使った疑似共振タイプが主流です。

数十W以上の絶縁型スイッチング電源で利用が増えているのが、本稿で紹介するLLC共振コンバータです。積極的に共振を使うことで波形のリングングが小さく、ノイズが減る上に、耐圧が低い性能のよい半導体素子を使えるので、高効率に仕上げられます。結果的に、小型かつ低コストなことから、家電製品に組み込まれる電源ではLLC共振回路が主流になっているほどです。

本稿では、このLLC共振回路の動作、制御方法を解説し、より高効率化する手法を紹介します。

〈編集部〉

### 低ノイズで高効率が特徴の LLC共振回路

#### ● なぜLLC共振回路と呼ばれるのか？

本稿で紹介するDC-DCコンバータは、非対称ハーフブリッジLLC共振型回路(以下LLC共振回路という)を採用した絶縁型高効率DC-DCコンバータです。

図1に回路図を示します。トランスTは等価回路で表しています。 $L_m$ は励磁インダクタンス、 $L_{r1}$ は1次

側の漏れインダクタンス、 $L_{r2}$ は等価的に1次側に変換した2次側の漏れインダクタンスを示しています。これらは共振インダクタンスとして使用され、式(1)に示す関係があります。

$$L_{r1} = L_{r2} \triangleq L_r \dots\dots\dots (1)$$

$L_p$ は1次側の自己インダクタンスで、式(2)で表されます。

$$L_{r1} + L_m = L_p \dots\dots\dots (2)$$

$Tr_1$ と $Tr_2$ はMOSFETスイッチです。 $C_r$ および $C_v$ はそれぞれ電流共振用コンデンサ、電圧共振用コンデンサと呼びます。

MOSFETスイッチ $Tr_1$ と $Tr_2$ は交互にONとOFFを繰り返します。同時ON防止および共振動作維持のため、デッド・タイムと呼ばれる休止時間(後述図2、図3でVとVIの区間、またはXIとXIIの区間)が、 $Tr_1$ のONと $Tr_2$ のONの間に存在します。

2つのインダクタンス $L_m$ と $L_r(L_{r1}, L_{r2})$ および1つのコンデンサ $C_r$ が共振動作に大きく係わるため、LLC共振回路と呼ばれます。

LLC共振回路は、超低ノイズや高効率が実現できる共振電源回路の中では、比較的少ない部品で構成できます。ただし、制御範囲が狭いという欠点があります。入力電圧が高く、かつ軽負荷の条件下では出力電圧が上昇し、制御できなくなります。対策として一般的には、後述するバースト発振制御が用いられます。

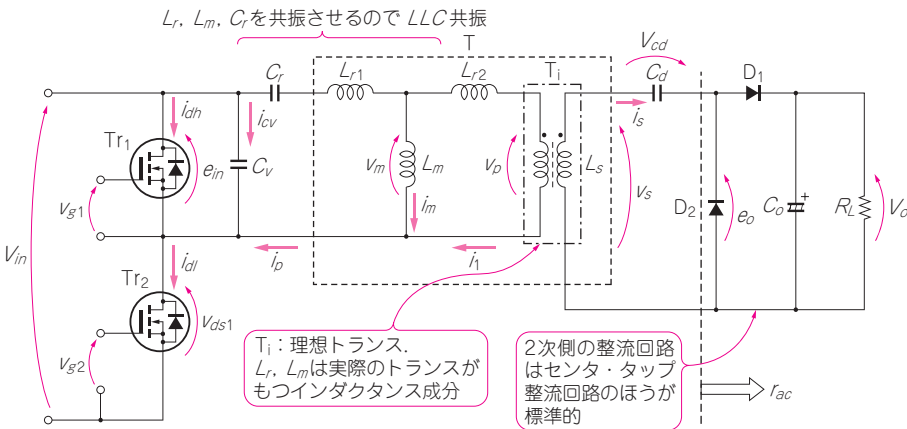


図1 LLC共振型DC-DCコンバータ回路  
 $L_{r1}$ 、 $L_{r2}$ 、 $L_m$ は部品としては存在せずトランスの持つ成分として作るのが一般的